Iranian Journal of Field Crops Research
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

Research Article
Vol. 20, No. 4, Winter 2023, p. 381-400

Investigating the Possibility of Autumn-Sown and Determining the Most Suitable Planting Date and the Best Bolt-Resistant Cultivar of Sugar Beet in Khorasan Region

H. Shafapour[1], M. Jahan[2*], M. Bannayan Aval[2], M. Nassiri-Mahallati[2]

Received: 12-12-2021 Revised: 07-03-2022 Accepted: 11-04-2022	**How to cite this article:** Shafapour, H., Jahan, M., Bannayan Aval, M., & Nassiri-Mahallati, M. (2023). Investigating the Possibility of Autumn-Sown and Determining the Most Suitable Planting Date and the Best Bolt-Resistant Cultivar of Sugar Beet in Khorasan Region. *Iranian Journal of Field Crops Research, 20*(4): 381-400. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jcesc.2022.74131.1127

Introduction

Sugar beet (*Beta vulgaris* L.) is the second most important sugar crop after sugarcane, which annually produces about 40% of total sugar production worldwide and is adapted to different climatic conditions (El-Hag et al., 2015). Due to global warming, autumn cultivation of sugar beet is predicted to become more priority in the future, but autumn cultivation is in danger of bolting and flowering in many areas. Excessive bolting reduces sugar content, root yield, and purity of raw syrup. In general, both early sowing and delayed sowing reduce root yield, sugar, and leaf area index and increase the percentage of impurities. Therefore, this experiment was designed and implemented with the aim of feasibility study of autumn cultivation of sugar beet and determination of the best planting date in North, Razavi, and South Khorasan provinces for three new varieties resistant to sugar beet.

Materials and Methods

The experiment was conducted as a split-plot design based on a randomized complete block design with three replications in the provinces of North Khorasan (Shirvan), Khorasan Razavi (Mashhad), and South Khorasan (Khezri Dasht-e Bayaz) in 2019-2020. The main plots included three planting dates (2, 7, and 12 October) and the subplots included three bolt-resistant sugar beet cultivars (Giada, Merak, and Sharif). Each plot consisted of 6 rows with a length of 5 m, at a distance of 50 cm and a distance between two plants of 20 cm, and planting was done manually. To determine root yield from the middle rows of each plot by eliminating the margin, harvest was done at an area of 4 m^2. A sample of root paste of each treatment was sent to the Beta Lizer laboratory of Mashhad Agricultural Research and Agricultural Services Company to determine the percentage of sugar. Other quality parameters were measured by Beta Lizer (Braunschweig method). Using the polarimetry method (Sucromat), the percentage of sugar content and white sugar yield, and other quality parameters were calculated for all experimental plots. Combined analysis of variance for different locations and mean comparison based on least significant difference (LSD) at the level of 5% probability using SAS 9.4 software was performed. Also, the graph plots were performed using Excel software.

Results and Discussion

The results of the analysis of variance showed that the interaction effects of the location and cultivar were significant on bolting percentage, root yield, sugar content, Na content, yield coefficient, and white sugar yield. The first planting date (October 2) in Mashhad region for all three cultivars led to the highest percentage of bolting (78-90%). Delay in planting date from 2 October to 12 October, the bolting percentage of cultivars was reduced, significantly. The bolting percentage in Shirvan region was less than 8%. On the third planting date

1- Ph.D. Student of Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2- Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
(*- Corresponding Author Email: jahan@ferdowsi.um.ac.ir)
https://doi.org/10.22067/jcesc.2022.74131.1127

(October 12) in all regions, cultivars showed also a bolting percentage of less than 10%. Giada cultivar in Mashhad region with 47.3 ton.ha^{-1} had the highest and Sharif cultivar in Shirvan region with 22.6 ton. ha^{-1} had the lowest root yield. Shirvan region had less root yield than the other two regions. The highest sugar content (18.78%) belonged to Giada cultivar in Shirvan region and the lowest sugar content (13.01%) was observed in Sharif cultivar in Mashhad region. The planting date of 12 October was significantly lower in impurities, alkalinity coefficient, and molasses compared to earlier planting dates. The first planting date had the lowest (62.3%) and the third planting date had the highest (74.2%) extraction coefficient. Giada cultivar in Shirvan region had the highest extraction coefficient (78.1%) and the lowest extraction coefficient (60.8%) belonged to Sharif cultivar in Mashhad region.

Conclusion

In Shirvan and Khezri regions, Giada cultivar but in Mashhad region, Merak cultivars had the highest white sugar yield. In general, the results showed that in Shirvan region, planting on 2 October and in Mashhad and Khezri regions planting on 7 October could lead to reaching maximum white sugar yield.

Keywords: Bolting, Extraction coefficient, LAI, Sugar content

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۲۰، شماره ٤، زمستان ١٤٠١، ص ٤٠٠-۳۸۱

تأثیر رقم و تاریخ کاشت بر خصوصیات کمی و کیفی چغندرقند پاییزه در منطقه خراسان بزرگ

حسین شفاپور[۱]، محسن جهان[۲]*، محمد بنایان اول[۳]، مهدی نصیری محلاتی[٤]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۲۲

چکیده

چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) دومین محصول مهم قند پس از نیشکر است که با شرایط آب و هوایی مختلف سازگار است. با توجه به گرم شدن کره زمین، پیش‌بینی می‌شود که کشت پاییزه چغندرقند در آینده اولویت بیشتری پیدا کند. به‌منظور تعیین بهترین تاریخ کاشت پاییزه ارقام چغندرقند در منطقه خراسان بزرگ، آزمایشی به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در استان‌های خراسان شمالی (شیروان)، خراسان رضوی (مشهد) و خراسان جنوبی (خضری دشت بیاض) در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ انجام شد. کرت‌های اصلی شامل سه تاریخ کاشت (۱۰، ۱۵ و ۲۰ مهرماه) و کرت‌های فرعی شامل سه رقم چغندرقند (گیادا و مراک به‌عنوان ارقام مقاوم و شریف به‌عنوان رقم متحمل بـه سـاقه‌روی) بودنـد. نتـایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل منطقه در رقم بر صفات درصد ساقه‌روی، عملکرد ریشه، عیار قند، میزان سدیم، ضـریب استحصـال و عملکـرد شکر سفید معنی‌دار بود. تاریخ کاشت اول (۱۰ مهر) در منطقه مشهد برای هر سه رقم منجر به بیشترین درصد ساقه‌روی (۷۸ تا ۹۰ درصد) شد. با تأخیر در کاشت از ۱۰ مهر به ۲۰ مهر، از درصد ساقه‌روی ارقام به شدت کاسته شد. رقم گیادا در منطقه مشهد با ۴۷/۳ تن در هکتار بیشترین و رقم شریف در منطقه شیروان با ۲۲/۶ تن در هکتار کمترین عملکرد ریشه را داشتند. منطقه شیروان عملکرد ریشه کمتری نسبت به دو منطقه دیگـر داشـت. بیشـترین عیارقند (۱۸/۷۸ درصد) مربوط به رقم گیادا در منطقه شیروان بود و کمترین عیار (۱۳/۰۱ درصد) در رقم شریف در منطقه مشهد مشاهده شد. در مناطق شیروان و خضری رقم گیادا و در منطقه مشهد رقم مراک بیشترین عملکرد شکر سفید را داشتند به‌طور کلی، نتایج نشان داد که در منطقه شیروان تاریخ کشت ۱۰ مهر و در مناطق مشهد و خضری تاریخ کشت ۱۵ مهرماه می‌تواند منجر به حداکثر تولید عملکرد شکر سفید شود.

واژه‌های کلیدی: بولتینگ، ساقه‌روی، شاخص سطح برگ، ضریب استحصال، عیار قند

مقدمه

چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) دومین محصول مهم قندی پـس از نیشکر است که سالانه حدود ۴۰ درصـد از کـل تولیـد شـکر را در سراسر جهان تولید می‌کند و با شرایط آب و هـوایی مختلـف سـازگار است (El-Hag *et al.*, 2015). سطح زیر کشت چغندرقند در ایـران، حدود ۱۰۸۴۳۳هکتار است (آمارنامه سـال ۹۹-۹۸)، کـه حـدود ۱۷/۵ درصد آن در استان خراسان بزرگ واقع شده است. افزایش سطح زیـر کشت چغندرقند و تولید شکر در واحد سطح، هدف مهم ملی برای بـه حداقل رساندن خلاء بین تولید و مصـرف شـکر اسـت. اهمیـت ایـن محصـول بـه دلیـل توانـایی آن بـرای رشـد در خـاک‌هـای مختلـف (خاک‌های شور، قلیایی و آهکی) و تحمل به شوری و توانـایی تولیـد ریشه و عملکرد قند بالا در شرایط تـنش و نیـاز کمتـر آن بـه آب در مقایسه با نیشکر است. در شرایط اقلیمی نیمـه‌خشـک و سـرد اسـتان خراسان، چغندرقند معمولاً در بهار کشت و در پاییز برداشت مـی‌شـود. با این حال، کشت بهاره در این استان اخیراً به دلیل کمبود شـدید آب و همچنین رقابت با دیگر محصولات صیفی مانند خربزه و هندوانه که در بهار و تابستان کشت می‌شوند محدود شده اسـت (Taleghani *et al.*, 2010). بنابراین کشت پاییزه و زمستانه چغندرقند به‌عنـوان یـک استراتژی برای مقابله با این چالش‌ها مطرح شده است. کاشت پـاییزه چغندرقند با امکان بهره‌برداری بهتر از بارندگی بهاره، کاهش فرسایش خاک و امکان گسترش بازه زمـانی فعالیـت کارخانـه قنـد، مـی‌توانـد عملکرد اقتصادی را افزایش دهد (Peltonen-Sainio *et al.*, 2011;

۱- دانشجوی دوره دکتری اگرواکولـوژی، دانشـکده کشـاورزی، دانشـگاه فردوسـی مشهد، مشهد، ایران
۲- استاد گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشـهد، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: Jahan@ferdowsi.um.ac.ir)
https://doi.org/10.22067/jcesc.2022.74131.1127

.Vico *et al.*, 2014)

با توجه به گرم شدن تدریجی کره زمین، پیش‌بینی می‌شود کشت پاییزه چغندرقند در آینده اولویت بیشتری پیدا کند، اما کشت پاییزه در بسیاری از مناطق با خطر ساقه‌روی و گلدهی مواجه می‌باشد (Draycott, 2006). در سال‌هایی که میانگین درجه حرارت ماه‌های زمستان به پایین‌تر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد برسد، گیاه ورنالیزه شده[1] و در بهار به دلیل ظهور ساقه گل‌دهنده[2] ریشه‌ها خشبی و فیبری می‌شوند. وجود بیش از حد ساقه‌های گل‌دهنده موجب پایین آمدن درصد قند، عملکرد ریشه و خلوص شربت خام می‌شود (Sadeghian, 1999). بهاره شدن و ساقه‌روی به همراه خسارت یخ‌زدگی عامل اصلی در عدم گسترش کشت پاییزه چغندرقند می‌باشد (Reinsdorf and Koch, 2013). برخی پژوهشگران (Nabipour *et al.*, 2019) با انجام پهنه‌بندی اقلیمی- زراعی و امکان‌سنجی کشت پاییزه چغندرقند در استان‌های خراسان رضوی و خراسان جنوبی نشان دادند مناطقی که کمتر از ۱۰۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا دارند، برای کاشت پاییزه چغندرقند کاملا مناسب می‌باشند (این اراضی بیشتر در جنوب استان خراسان جنوبی واقع شده‌اند). در مطالعه‌ای در شمال غربی اروپا با روش شبیه‌سازی نشان داده شد که عملکرد شکر در کشت پاییزه ۲۶ درصد بیشتر از کاشت بهاره بود (Jaggard & Werker, 1999). در ایتالیا، چغندرقند پاییزه از نظر عملکرد ریشه، ماده خشک کل و کارایی مصرف آب، نسبت به چغندرقند بهاره، بهره‌وری بیشتری نشان داد (Rinaldi & Vonella, 2006).

بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که همه صفات کمی و کیفی می‌توانند به‌طور قابل‌توجهی بسته به شرایط محیطی و همچنین شیوه‌های کشت، مانند زمان کاشت متفاوت باشند (Salmasi *et al.*, 2006). تاریخ کاشت را می‌توان یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده عملکرد کمی و کیفی چغندرقند دانست (Kandil *et al.*, 2004). در منطقه مغان، کشت رقم مقاوم به ساقه‌روی در نیمه دوم مهر و برداشت در اوایل تیر ماه، کمترین درصد ساقه‌روی (۱/۳۲ درصد) و بیشترین عملکرد ریشه و شکر سفید را به‌ترتیب با ۴۹/۸۱ و ۶/۲۶ تن در هکتار داشت (Taleghani *et al.*, 2011). رمضان (Ramazan, 2002) گزارش کرد که کشت زود هنگام چغندرقند منجر به بیشترین درصد جوانه‌زنی و عملکرد بالای ریشه و شکر نسبت به کاشت دیرهنگام است. رفای (Refay, 2010) نشان داد که کل مواد جامد محلول (TSS) و درصد قند ناخالص (عیار)، به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار گرفتند و کشت چغندرقند در ۱۵ اکتبر بالاترین مقادیر درصد ساکارز، درصد خلوص قند و عملکرد شکر را به دنبال داشت. تأخیر در کاشت منجر به کاهش وزن ریشه، عملکرد ریشه و عملکرد شکر می‌شود، اما درصد ماده خشک به‌طور قابل‌توجهی افزایش می‌یابد (Sogut & Arioglu, 2004; Nikpanah *et al.*, 2010; Al-Jbawi *et al.*, 2015). نیک پناه و همکاران (Nikpanah *et al.*, 2015) تأثیر سه تاریخ کاشت (۱ جولای، ۲۰ جولای و ۱۳ آگوست) را بر عملکرد و شاخص‌های رشد چغندرقند بهاره بررسی و گزارش کردند که با کاشت زودتر حداکثر شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک کل افزایش یافت. همچنین، کومار و همکاران (Kumar *et al.*, 2019) نشان دادند که از بین ۱۲ تاریخ مختلف کاشت، کشت در دو هفته اول ماه اکتبر نسبت به تاریخ‌های دیگر از عملکرد کمی و کیفی بالاتری برخوردار بود. قاسمی و همکاران (Ghasemi *et al.*, 2020) با مقایسه پنج رقم (آنتک، آزابا، سیلوتا، اسپارتاک و شریف)، در سه تاریخ کاشت (۲۵ شهریور، ۱۰ مهر و ۲۵ مهر) سه تاریخ برداشت (۲۵ فروردین، ۱۰ اردیبهشت و ۲۵ اردیبهشت) در ایلام گزارش کردند که بیشترین عملکرد ریشه مربوط به رقم شریف (۸۳/۳۲ تن در هکتار) بود و بالاترین میزان درصد قندناخالص و درصد قند قابل استحصال مربوط به رقم سیلوتا بود. همچنین بالاترین عملکرد ریشه در تاریخ برداشت ۱۰ اردیبهشت ماه حاصل شد. ایشان دلایل برتری تاریخ کاشت‌های زود و برداشت‌های دیر هنگام در چغندرقند پاییزه را شروع سریع‌تر رشد بوته و برگ‌ها جهت جذب حداکثر نور در مراحل اولیه رشد، همزمانی حداکثر شاخص سطح برگ با حداکثر نور جهت فتوسنتز بیشتر همراه با حداکثر رشد ریشه عنوان نمودند.

نبی‌پور و همکاران (Nabipour *et al.*, 2019) با بررسی اثر دو تاریخ کاشت ۷ و ۲۷ مهر بر روی ۵ رقم چغندرقند پاییزه در مشهد گزارش کردند که رقم شریف بیشترین درصد ساقه‌روی (۱۶/۶۲ درصد) و رقم گیادا با ۰/۱۲ درصد کمترین میزان ساقه‌روی را داشتند. همچنین میزان ساقه‌روی در تاریخ کاشت ۷ مهر به‌طور معنی‌داری بیشتر از تاریخ کاشت ۲۷ مهر بود. ادیبی‌فرد و همکاران (Adibifard *et al.*, 2019) با شناسایی مناطق مناسب کشت پاییزه در استان فارس گزارش کردند که جهت کشت چغندرقند پاییزه، ۱۳ درصد اراضی استان بسیار مناسب، ۲۳ درصد مناسب، ۳۱ درصد متوسط و ۳۳ درصد نامناسب است.

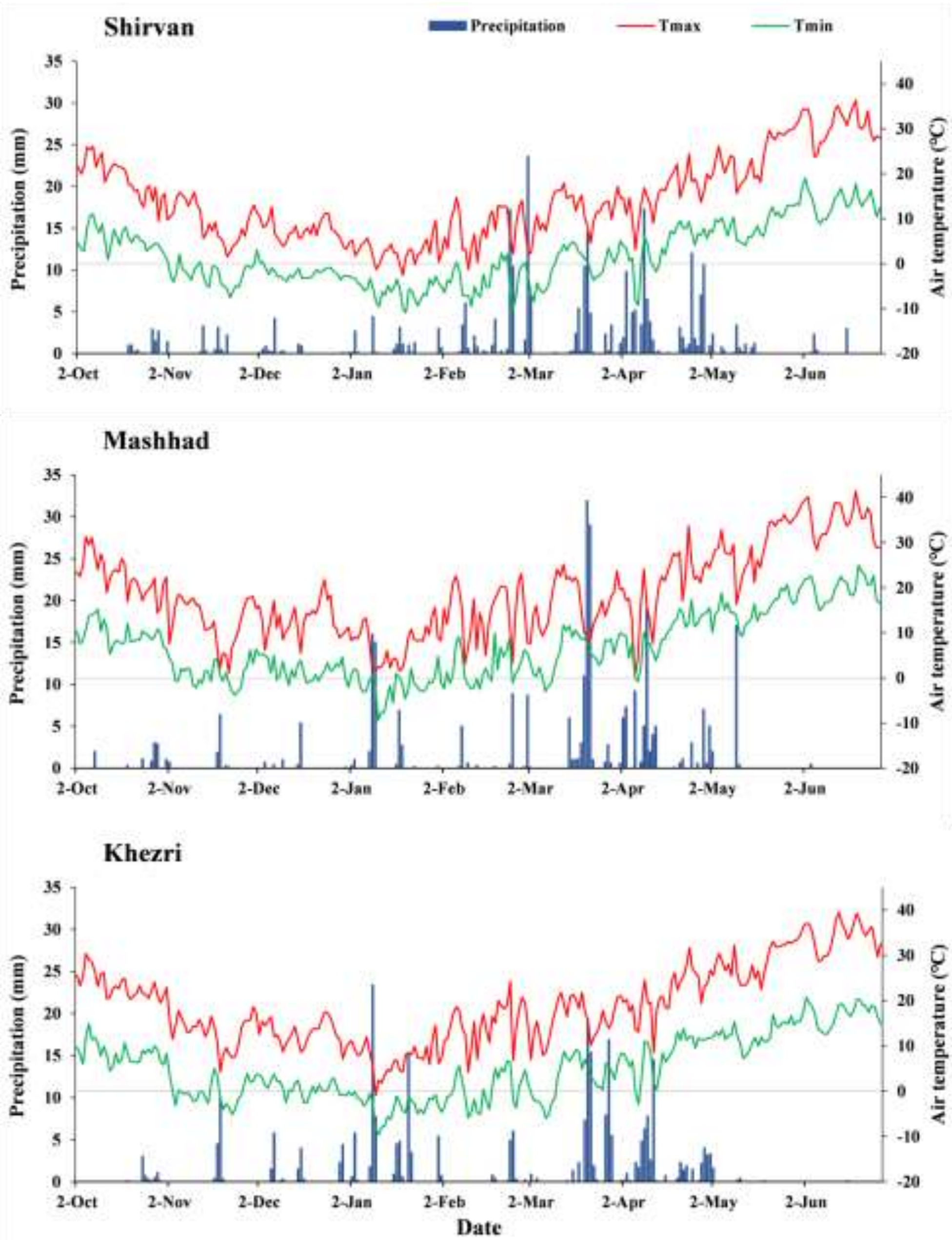
به‌طور کلی، هم کشت زودتر از موقع و هم تأخیر در کاشت باعث کاهش عملکرد ریشه، شکر و سطح برگ چغندرقند و افزایش درصد ناخالصی‌ها می‌شود (Somayeh *et al.*, 2012; Hoosin *et al.*, 2015; Illkaee *et al.*, 2016; Al-Jbawi & Al-Zubi, 2016). بنابراین، این آزمایش با هدف امکان‌سنجی کشت پاییزه چغندر قند و تعیین بهترین تاریخ کاشت در استان‌های خراسان شمالی، رضوی و جنوبی برای سه رقم جدید مقاوم به ساقه‌روی چغندرقند، طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های

1- Vernalization
2- Bolting

کامل تصادفی با سه تکرار در سه منطقه در استان‌های خراسان شمالی (شهرستان شیروان)، خراسان رضوی (مزرعه کنه بیست آستان قدس رضوی مشهد) و خراسان جنوبی (شرکت سهامی زراعی خضری دشت بیاض قاین) در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ انجام شد. دمای حداقل، حداکثر و بارش روزانه در طول دوره رشد از کشت تا برداشت این سه منطقه آزمایش در شکل ۱ نشان داده شده است. منطقه شیروان از نظر دمایی سردتر از دو منطقه دیگر بوده و منطقه مشهد به‌طور جزئی دارای میانگین دمای ماهانه بالاتری نسبت به منطقه خضری بوده است (جدول ۱). از نظر تعداد روزهای یخبندان نیز مناطق شیروان، خضری و مشهد به‌ترتیب ۱۳۰، ۸۴ و ۵۷ روز دمای زیر صفر داشتند (جدول ۱). از لحاظ میزان و توزیع بارندگی نیز به‌ترتیب شیروان، مشهد و خضری شرایط مناسب‌تری داشتند (شکل ۱ و جدول ۱).



شکل ۱- دمای کمینه، بیشینه و میزان بارندگی در طول فصل کاشت در سه منطقه آزمایش

Figure 1- Minimum, and maximum temperature and rainfall during the growing season in three locations of experiment

جدول ۲- اطلاعات اقلیمی ماهانه در مناطق مورد مطالعه

Table 2- Monthly climate data in the studied regions

ماه‌های سال Month	میانگین درجه حرارت Mean temperature			تعداد روزهای یخبندان Number of frost days			بارندگی Precipitation		
	شیروان Shirvan	مشهد Mashhad	خضری Khezri	شیروان Shirvan	مشهد Mashhad	خضری Khezri	شیروان Shirvan	مشهد Mashhad	خضری Khezri
Oct	12.3	16.2	15.9	0	0	0	10	10	6
Nov	3.4	6.8	6.6	27	13	18	12	10	15
Dec	2.7	7.5	6.9	28	7	10	9	8	20
Jan	-1.6	2.8	1.9	31	22	31	19	45	74
Feb	2.0	8.3	7.4	24	11	14	49	16	13
Mar	5.5	10.7	9.2	15	3	9	75	98	79
Apr	9.6	14.6	14.7	5	1	2	95	72	59
May	16.5	22.3	20.6	0	0	0	12	24	6
Jun	22.2	27.5	25.8	0	0	0	6	1	0

جدول ۲- برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر در سه منطقه مورد مطالعه

Table 2- Soil physicochemical characteristics at depth of 0-30 cm in three locations of study

منطقه Location	بافت خاک Soil Texture	واکنش خاک pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	کربن آلی OC (%)	نیتروژن کل N (%)	فسفر قابل جذب P (ppm)	پتاسیم قابل جذب K (ppm)
شیروان Shirvan	Silty loam	8.27	0.11	0.35	0.061	36.5	486
مشهد Mashhad	Silty loam	8.13	0.61	0.43	0.072	28.2	526
خضری Khezri	Silty loam	8.26	4.65	0.39	0.052	32.2	337

کرت‌های اصلی شامل سه تاریخ کاشت (دهم، پانزدهم و بیستم مهرماه) و کرت‌های فرعی شامل سه رقم چغندرقند مقاوم به ساقه‌روی (گیادا[1] از شرکت KWS آلمان، مراک[2] از شرکت STRUB آلمان و یک رقم ایرانی به نام شریف) بودند. هر کرت شامل ۶ ردیف به طول ۵ متر، به فاصله ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین دو بوته ۲۰ سانتی‌متر بود و کاشت به‌صورت دستی و داخل جوی انجام شد. قبل از کاشت، با نمونه‌گیری از خاک هر سه منطقه و ارسال آن به آزمایشگاه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن‌ها مشخص شد (جدول ۲).

ویژگی‌های رشدی گیاه در طول دوره رشد از قبیل شاخص سطح برگ، تجمع ماده خشک، وزن تر و خشک ریشه اندازه‌گیری شدند. نمونه‌برداری‌های تخریبی در طول دوره رشد گیاه طی پنج مرحله صورت پذیرفت. در هر مرحله ۵ بوته از هر کرت برداشت شد و پس از شستشوی ریشه‌ها، برگ‌ها جدا و با دستگاه سطح برگ‌سنج مدل Li-3100C شاخص سطح برگ محاسبه شد. ریشه‌ها نیز پس از توزین و تعیین وزن تر ریشه، به همراه برگ‌ها در آون خشک شدند و سپس وزن خشک آن‌ها توزین و ماده خشک کل در هر مرحله محاسبه شد. درصد ساقه‌روی براساس تعداد بوته‌های به ساقه رفته در هر کرت و با توجه به تعداد کل بوته‌ها محاسبه شد. برای تعیین عملکرد ریشه در تاریخ ۹ تیرماه به‌طور همزمان در سه منطقه از ردیف‌های میانی هر کرت با رعایت حاشیه، برداشت در سطحی معادل ۴ مترمربع صورت گرفت. نمونه‌ای از خمیر ریشه هر تیمار برای تعیین درصد قند به آزمایشگاه بتالایزر شرکت تحقیقات کشاورزی و خدمات زراعی مشهد ارسال شد. سایر پارامترهای کیفی از طریق بتالایزر (روش برانشوایگ) اندازه‌گیری شدند. با استفاده از روش پلاریمتری (دستگاه ساکارومتر دیجیتالی اتوماتیک ساکرومت)، درصد قند ناخالص (عیار) و عملکرد شکر سفید و غلظت پتاسیم، غلظت سدیم، ازت مضره، ضریب قلیائیت، قند ملاس، ضریب استحصال برای کلیه کرت‌های آزمایشی محاسبه شد.

میزان عیارقند به روش پلاریمتری، ناخالصی‌ها شامل سدیم و

1- Giada
2- Merak

پتاسیم ریشه به روش فلیم فتومتری و نیتروژن مضره به روش رنگ‌سنجی معروف به روش عدد آبی اندازه‌گیری شدند. با استفاده از داده‌های به‌دست آمده صفات ضریب استحصال شکر، عملکرد شکرسفید، درصد قندخالص و درصد قند ملاس از طریق روابط (۱) تا (۴) محاسبه شدند (Abdollahian Noghabi *et al.*, 2005).

$$MS = 0.343(Na + K) + 0.094\ N – 0.29 \quad (۱)$$

$$ALK=(Na + K)/N \quad (۲)$$

$$\%WSC = (\%SC - \%MS) – 0.6 \quad (۳)$$

$$ESC= WSC / SC \times 100 \quad (۴)$$

MS نشان‌دهنده قند ملاس، که در آن N میزان نیتروژن کل است. K پتاسیم و Na سدیم می‌باشد (رابطه ۱). در رابطه (۲) ALK نشانگر ضریب قلیائیت است. WSC نشانگر درصد قند خالص یا درصد قند قابل‌استحصال SC عیار قند و ۰/۶ نشان‌دهنده میزان افت قند در کارخانجات ایران می‌باشد (رابطه ۳). راندمان استحصال قند در واقع نشان‌دهنده‌ی درصد ساکارز یا قندی است که قابل‌استحصال می‌باشد، (ECS) راندمان استخراج قند، SC عیار قند ریشه، WSC نشانگردرصد قند خالص و است (رابطه ۴). در واقع راندمان استخراج قند به‌صورت نسبت درصد ساکارز قابل‌استحصال به عیار قند ریشه به‌دست می‌آید (Abdollahian Noghabi *et al.*, 2005).

تجزیه واریانس مرکب برای مناطق مختلف و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 انجام شد. همچنین ترسیم گراف‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ

روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) ارقام در تاریخ کاشت‌های مختلف در هر منطقه در شکل ۲ نشان داده شده است. در منطقه شیروان استان خراسان شمالی، روند شاخص سطح برگ سیگموئیدی بود و تا ۱۹۰ روز پس از کاشت در تاریخ کاشت اول شاخص سطح برگ کمتر از یک بود و بین ارقام اخلافی وجود نداشت. بیشترین شاخص سطح برگ ارقام در روز برداشت مشاهده شد و در تاریخ کاشت ۱۰ مهر بیشترین و تاریخ کاشت ۲۰ مهر کمترین میزان آن حاصل شد. در هر سه تاریخ کاشت، رقم گیادا بیشترین و رقم شریف کمترین مقدار شاخص سطح برگ را داشتند (شکل ۲). در این منطقه به دلیل پایین بودن دما تا اواسط فروردین (شکل ۱) رشد و توسعه برگ‌ها با تاخیر آغاز شد و تا زمان برداشت به نقطه پیک خود نرسید.

روند شاخص سطح برگ در منطقه مشهد و خضری متفاوت از شیروان بود. به طوری که روند شاخص سطح برگ ابتدا افزایشی و سپس کاهشی بود. در منطقه مشهد هر سه رقم شاخص سطح برگ نزدیکی با هم داشتند، اگرچه رقم گیادا با اختلاف جزئی شاخص سطح برگ بیشتری داشت (شکل ۲). همچنین با تأخیر در کشت، شاخص سطح برگ کاهش یافت. اختلاف بین ارقام از نظر شاخص سطح برگ در منطقه خضری محسوس‌تر بود. حداکثر شاخص سطح برگ (۵/۵) مربوط به رقم گیادا در تاریخ کاشت ۱۰ مهر و کمترین میزان (۳/۳) مربوط به رقم شریف در تاریخ کاشت ۲۰ مهرماه بود (شکل ۲). به‌طور کلی در کاشت زودتر چغندرقند به دلیل وجود شرایط محیطی مطلوب برای رشد رویشی، شاخص سطح برگ افزایش می‌یابد (Al-Jbawi *et al.*, 2015; Nikpanah *et al.*, 2015) همچنین محققین دیگر دریافتند که دمای سرد در طول دوره رشد اولیه در تاریخ کاشت‌های دیر منجر به تولید برگ‌های کوچک‌تر شده و از شاخص سطح برگ کمتری برخوردار خواهند بود (Hoosin *et al.*, 2015).

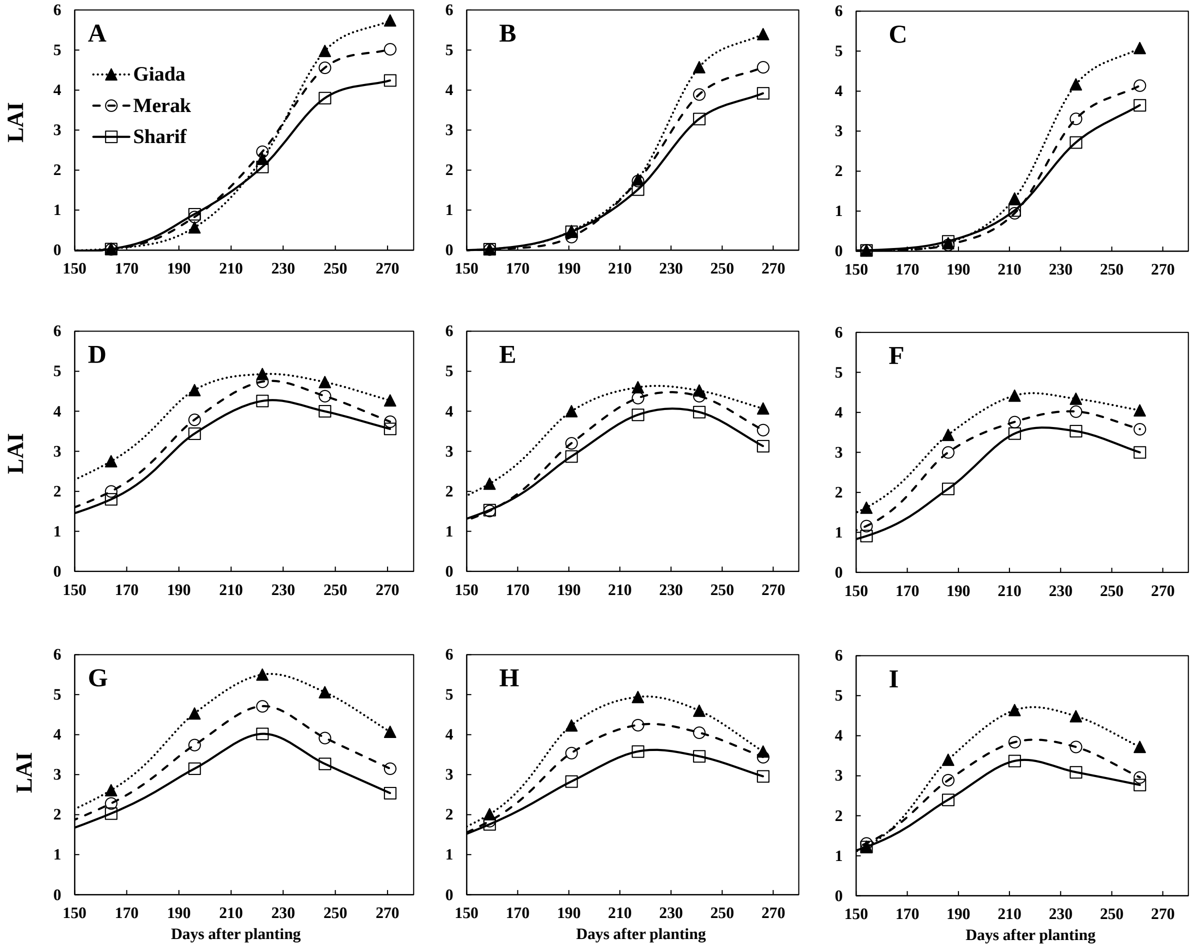
تجمع ماده خشک

روند تجمع ماده خشک کل ارقام مختلف در تاریخ کاشت‌های مختلف در شکل ۳ نشان داده شده است. در منطقه شیروان مرحله رشد خطی و افزایش وزن ماده خشک کل از ۲۷ فروردین آغاز شد و تا زمان برداشت در ۹ تیرماه ادامه یافت، ولی در دو منطقه دیگر (مشهد و خضری) در تاریخ کاشت اول (۱۰ مهر) حدود روز ۲۴۰ پس از کاشت (۱۵ خرداد) رشد خطی متوقف شد. بین ارقام در منطقه شیروان اختلاف معنی‌داری دیده نمی‌شود ولی در مناطق مشهد و خضری رقم گیادا بیشترین و رقم شریف کمترین ماده خشک کل را داشتند (شکل ۳). تاریخ کاشت زود هنگام از طریق تعداد، سن و اندازه‌ی برگ‌های گیاه می‌تواند رشد و توسعه کانوپی را تحت تاثیر قرار دهد و بر میزان جذب تشعشع و در نهایت ماده خشک تولیدی تاثیر بگذارد (Rinaldi & Vonella, 2006). در مقابل تأخیر در کاشت باعث تأخیر در ظهور گیاهچه، توسعه برگ‌های اولیه و در نهایت استقرار ضعیف گیاه شده و همین تأخیر تا پایان باقی خواهد ماند و باعث کاهش تجمع ماده خشک خواهد شد (Stibbe & Marlander, 2002).

بولتینگ (ساقه‌روی)

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که اثر منطقه، تاریخ کاشت، رقم و همچنین اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه آن‌ها در سطح یک درصد بر درصد ساقه‌روی چغندرقند معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌های مربوط به درصد ساقه‌روی نشان داد که تاریخ کاشت اول (۱۰ مهر) در منطقه مشهد برای هر سه رقم سبب بیش‌ترین درصد ساقه‌روی (۷۸ تا ۹۰ درصد) شد (شکل ۴). در منطقه

خضری دو رقم گیادا و مراک در تاریخ کاشت اول (۱۰ مهر) درصد ساقه‌روی ۵۰ درصدی داشتند که با رقم شریف (۳۵ درصد) اختلاف معنی‌دار بود. با تأخیر در کاشت از ۱۰ مهر تا ۲۰ مهر به شدت از درصد ساقه‌روی ارقام کاسته شده است. درصد ساقه‌روی در منطقه شیروان کمتر از ۸ درصد بود. همچنین ارقام در تاریخ کاشت سوم (۲۰ مهر) در تمامی مناطق درصد ساقه‌روی کمتر از ۱۰ درصد را داشتند (شکل ۴). بنابراین با انتخاب رقم مناسب و سازگار با شرایط اقلیمی هر منطقه می‌توان میزان ساقه‌روی را کاهش داد (Taleghani *et al.*, 2011). در آزمایش ادیبی‌فرد و همکاران (Adibifard *et al.*, 2017) نیز نتایج بیانگر تفاوت معنی‌دار بین ارقام و تاریخ‌های کاشت بود به طوری که در تاریخ کاشت‌های زودتر در پاییز، درصد ساقه‌روی بیشتر بود.

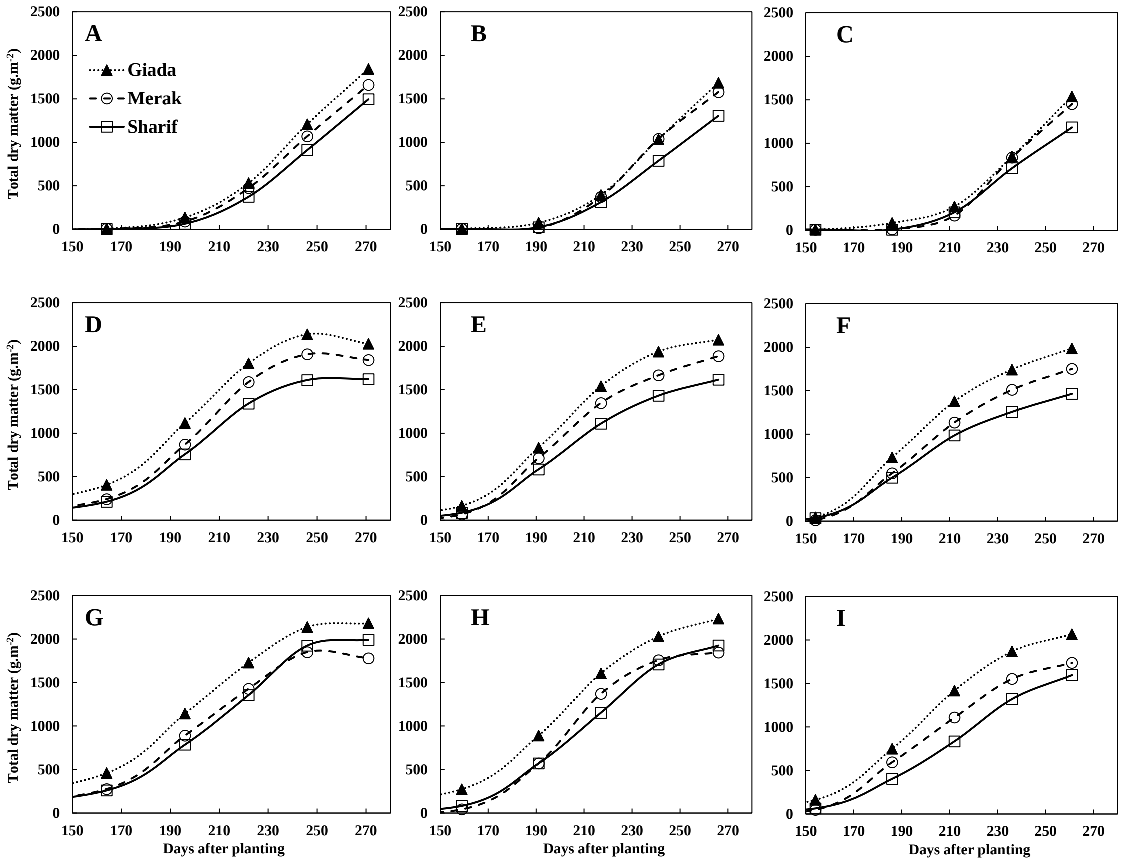


شکل ۲- روند تغییرات شاخص سطح برگ ارقام مختلف چغندرقند در تاریخ کاشت‌ها و مناطق مختلف در استان خراسان بزرگ

A، B و C: به‌ترتیب تاریخ کاشت ۱۰، ۱۵ و ۲۰ مهر در منطقه شیروان؛ D، E و F به‌ترتیب تاریخ کاشت ۱۰، ۱۵ و ۲۰ مهر در منطقه مشهد و G، H و I به‌ترتیب تاریخ کاشت ۱۰، ۱۵ و ۲۰ مهر در منطقه خضری

Figure 2- The trend of LAI of sugar beet cultivars in different planting dates and regions of Khorasan province

A, B, C: planting dates of 2, 7, and 12 October in Shirvan region, respectively; D, E, F, planting dates of 2, 7, and 12 October in Mashhad region, respectively, and G, H, I: planting dates of 2, 7, and 12 October in Khezri region, respectively.

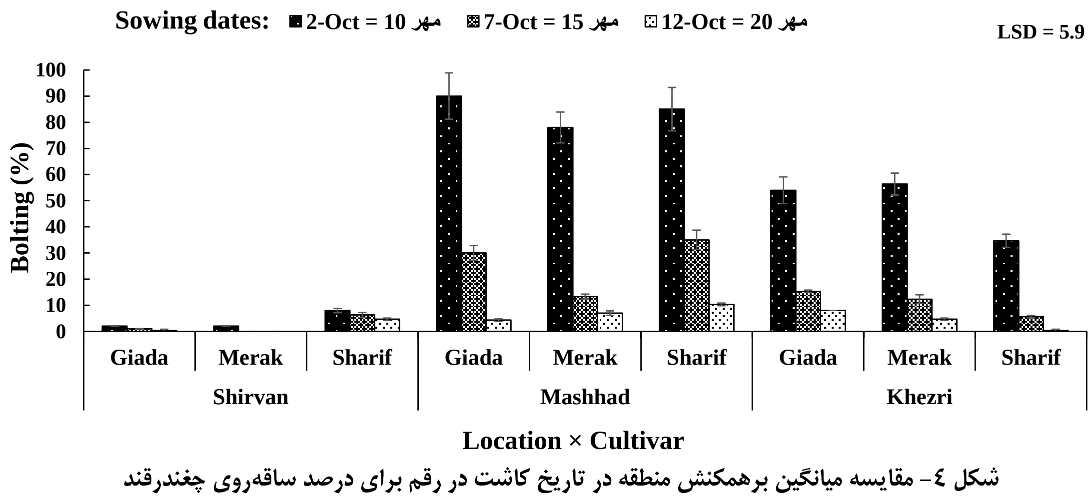


شکل ۳- روند تجمع ماده خشک کل سه رقم چغندرقند در سه تاریخ کاشت در شیروان، مشهد و خضری

A، B و C: به‌ترتیب تاریخ کاشت ۱۰، ۱۵ و ۲۰ مهر در منطقه شیروان؛ D، E و F به‌ترتیب تاریخ کاشت ۱۰، ۱۵ و ۲۰ مهر در منطقه مشهد و G، H و I به‌ترتیب تاریخ کاشت ۱۰، ۱۵ و ۲۰ مهر در منطقه خضری

Figure 3- The trend of TDM of sugar beet cultivars in different planting dates and regions of Khorasan province

A, B, C: planting dates of 2, 7, and 12 October in Shirvan region, respectively; D, E, F, planting dates of 2, 7, and 12 October in Mashhad region, respectively, and G, H, I: planting dates of 2, 7, and 12 October in Khezri region, respectively.



شکل ٤- مقایسه میانگین برهمکنش منطقه در تاریخ کاشت در رقم برای درصد ساقه‌روی چغندرقند

میله‌ها نشان‌دهنده خطای استاندارد میانگین هستند.

Figure 4- Mean comparison of interactions of location, planting date, and cultivar for bolting of sugar beet
The bars indicate the standard error of the mean.

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب (میانگین مربعات) عملکرد کمی و کیفی ارقام چغندرقند در سه تاریخ کاشت و سه منطقه

Table 3- Mean squares of combined analysis of variance for some qualitative and quantitative traits of sugar beet as affected by planting date and cultivar in the three locations

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات									
		ساقه‌روی Bolting (%)	عملکرد ریشه Root yield	عیار (درصد قند) Sugar content	غلظت پتاسیم K	غلظت سدیم Na	نیتروژن مضره N	ضریب قلیائیت Alkalinity coefficient	قند ملاس Molasses sugar	ضریب استحصال Extraction coefficient	عملکرد شکر سفید White sugar yield
منطقه Location (L)	2	9002.60^{**}	1763.40^{**}	119.79^{**}	1.69^{ns}	22.27^{**}	8.92^{**}	10.21^{**}	2.95^{**}	1050.04^{**}	0.68^{ns}
بلوک (منطقه) Block (L)	6	26.14	72.68	1.04	0.55	0.13	0.60	0.23	0.18	19.66	0.59
تاریخ کاشت Sowing Date (SD)	2	12673.42^{**}	242.73^{**}	44.01^{**}	8.75^{**}	10.20^{**}	0.98^{**}	0.51^{ns}	4.83^{**}	962.37^{**}	5.40^{**}
منطقه × تاریخ کاشت L × SD	4	3464.77^{**}	17.46^{ns}	3.40^{ns}	0.18^{ns}	0.22^{ns}	0.45^{*}	0.26^{ns}	0.01^{ns}	55.47^{ns}	2.00^{*}
خطای اصلی Error a	12	13.06	7.50	2.13	0.73	0.24	0.10	0.19	0.20	23.47	0.44
رقم Cultivar (C)	2	81.86^{**}	717.49^{**}	8.10^{**}	4.10^{**}	14.33^{**}	0.04^{ns}	1.09^{**}	2.24^{**}	149.45^{**}	13.06^{**}
تاریخ کاشت × رقم SD × C	4	76.48^{**}	7.48^{ns}	0.16^{ns}	0.05^{ns}	0.55^{*}	0.03^{ns}	0.11^{ns}	0.03^{ns}	1.18^{ns}	0.16^{ns}
منطقه × رقم L × C	4	350.72^{**}	29.42^{*}	11.16^{**}	1.00^{ns}	5.09^{**}	0.01^{ns}	0.51^{**}	1.02^{**}	145.65^{**}	2.47^{**}
منطقه × تاریخ کاشت × رقم L × SD × C	8	54.80^{**}	13.45^{ns}	0.34^{ns}	0.09^{ns}	0.09^{ns}	0.02^{ns}	0.06^{ns}	0.02^{ns}	5.11^{ns}	0.26^{ns}
خطا Error b	36	13.03	10.10	1.43	0.43	0.19	0.10	0.13	0.14	9.92	0.28
ضریب تغییرات (CV)		17.1	8.8	7.8	10.0	8.9	7.8	12.4	9.2	4.6	14.2

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns=not significant, significant at 0.05, 0.01 probability level

جدول ٤- مقایسه میانگین اثرات اصلی منطقه، تاریخ کاشت و رقم برای صفات کمی و کیفی چغندرقند

Table 4- Mean comparison of regions, planting dates, and cultivars for quantitative and qualitative traits of sugar beet

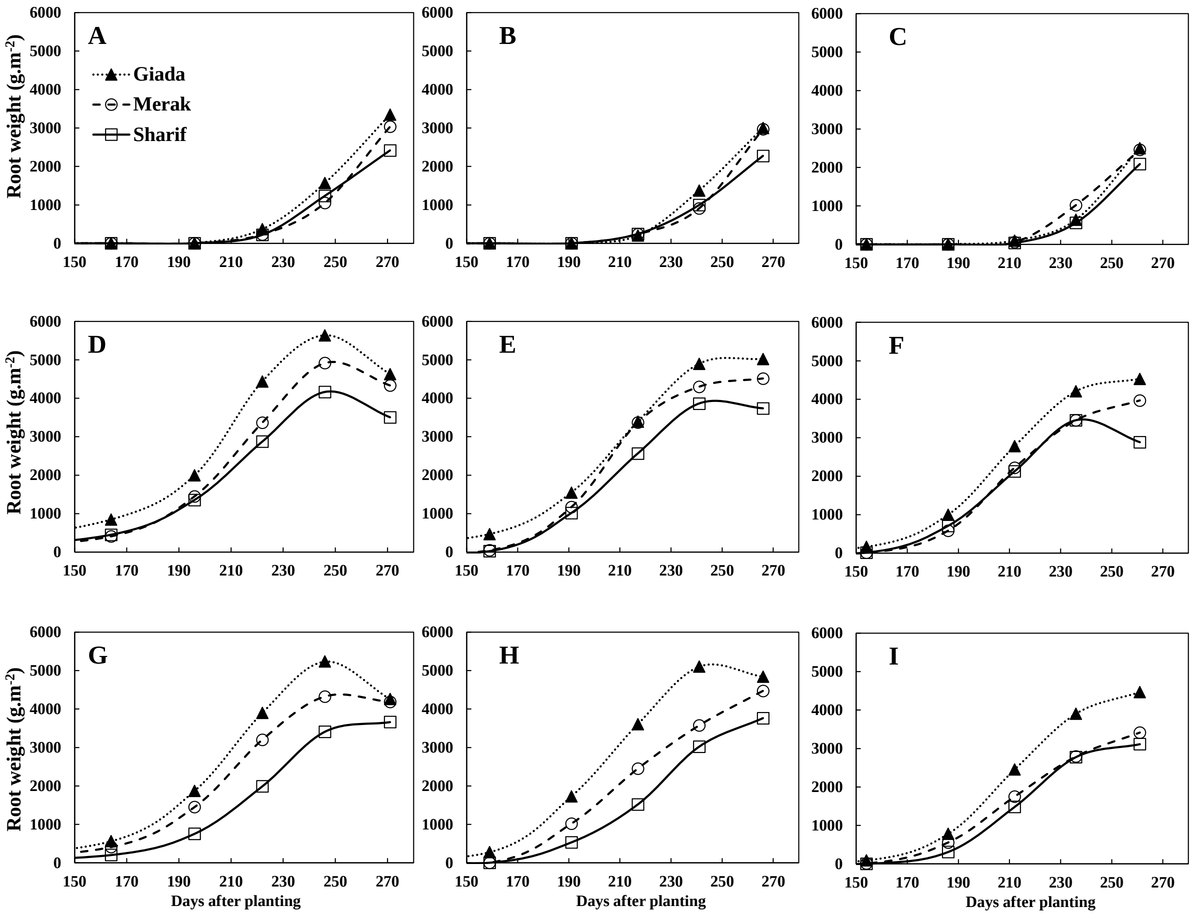
عامل Factor	تیمار Treatment	ساقه‌روی Bolting (%)	عملکرد ریشه Root yield (ton.ha^{-1})	عیار (درصد قند) Sugar content (%)	غلظت پتاسیم K (meq/100g)	غلظت سدیم Na (meq/100g)	نیتروژن مضره N (meq/100g)	قلیائیت Alkalinity coefficient	قند ملاس Molasses (%)	ضریب استحصال Extraction coefficien (%)	عملکرد شکر سفید White sugar yield (ton.ha^{-1})
منطقه Location											
	شیروان Shirvan	2.7 ^{c}	26.8 ^{b}	17.7 ^{a}	6.31 ^{a}	3.87 ^{c}	4.76 ^{a}	2.14 ^{b}	3.65 ^{b}	75.6 ^{a}	3.60 ^{a}
	مشهد Mashhad	39.2 ^{a}	41.03 ^{a}	14.1 ^{b}	6.81 ^{a}	5.09 ^{b}	3.63 ^{b}	3.30 ^{a}	4.13 ^{a}	65.5 ^{b}	3.87 ^{a}
	خضری Khezri	21.3 ^{b}	40.2 ^{a}	13.9 ^{b}	6.58 ^{a}	5.65 ^{a}	4.01 ^{b}	3.08 ^{a}	4.28 ^{a}	64.2 ^{b}	3.59 ^{a}
تاریخ کاشت Sowing Date											
	۱۰ مهر 2 Oct.	45.6 ^{a}	37.1 ^{a}	13.9 ^{c}	7.10 ^{a}	5.47 ^{a}	4.33 ^{a}	2.96 ^{a}	4.43 ^{a}	62.3 ^{c}	3.17 ^{b}
	۱۵ مهر 7 Oct.	13.2 ^{b}	38.4 ^{a}	15.3 ^{b}	6.63 ^{a}	4.89 ^{b}	4.12 ^{b}	2.87 ^{a}	4.05 ^{b}	68.8 ^{b}	3.97 ^{a}
	۲۰ مهر 12 Oct.	4.4 ^{c}	32.7 ^{b}	16.4 ^{a}	5.97 ^{b}	4.25 ^{c}	3.95 ^{c}	2.69 ^{a}	3.59 ^{c}	74.2 ^{a}	3.92 ^{a}
رقم Cultivar											
	گیادا Giada	22.8 ^{a}	40.7 ^{a}	15.6 ^{a}	6.39 ^{b}	5.64 ^{a}	4.17 ^{a}	2.98 ^{a}	4.23 ^{a}	67.6 ^{b}	4.18 ^{a}
	مراک Merak	19.3 ^{b}	37.1 ^{b}	15.4 ^{a}	6.30 ^{b}	4.19 ^{c}	4.10 ^{a}	2.61 ^{b}	3.69 ^{b}	71.1 ^{a}	3.99 ^{a}
	شریف Sharif	21.1 ^{ab}	30.5 ^{c}	14.6 ^{b}	7.02 ^{a}	4.78 ^{b}	4.12 ^{a}	2.94 ^{a}	4.14 ^{a}	66.6 ^{b}	2.89 ^{b}

*: برای هر عامل و در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند ($p \leq 0.05$).

For each factor and in each column, means followed by the same letter(s) are not significantly different based on LSD test ($p \leq 0.05$).

عملکرد ریشه

روند تغییرات عملکرد ریشه ارقام مختلف در تاریخ کاشت‌ها و مکان‌های مختلف در شکل ۵ نشان داده شده است. در منطقه شیروان افزایش وزن ریشه از حدود ۲۱۰ روز پس از کاشت شروع شد، در نتیجه فرصت کافی برای رشد و افزایش وزن تا زمان برداشت نداشت. در مقابل در مناطق مشهد و خضری روند افزایش وزن ریشه از روز ۱۷۰ پس از کاشت آغاز شد و هر سه رقم به‌ویژه در تاریخ کاشت اول و دوم توانستند حداکثر عملکرد غده را تولید کنند (شکل ۵). در تاریخ کاشت اول به‌خصوص در منطقه مشهد به دلیل افزایش ساقه‌روی ارقام، وزن ریشه در مرحله قبل از برداشت کاهش یافت (شکل ۵). اختلاف بین ارقام در مناطق شیروان جزئی بود ولی در منطقه مشهد و خضری در هر سه تاریخ کاشت، رقم گیادا بیشترین و رقم شریف کمترین عملکرد ریشه را داشتند (شکل ۵)، هر چند در مراحل آخر رشد، وزن ریشه رقم گیادا در تاریخ کاشت اول و دوم به دلیل ساقه‌روی کاهش یافت (شکل ۵). همبستگی بین عملکرد ریشه و درصد ساقه‌روی مثبت و معنی‌دار (*۰/۴۵) بود (جدول ۵). یک دلیل برای وجود این همبستگی می‌تواند این باشد که در منطقه شیروان که درصد ساقه‌روی کم بوده، عملکرد ریشه نیز بسیار کم بوده است و همچنین در تاریخ کاشت اول در مناطق مشهد و خضری که بالاترین درصد ساقه‌روی را داشتند، عملکرد ریشه نیز بالا بوده است که همین عوامل باعث به‌وجود آمدن همبستگی مثبت شده است.



شکل ۵- روند افزایش عملکرد ریشه ارقام مختلف چغندرقند در تاریخ کاشت‌های مختلف و مکان‌های مختلف

A، B و C: به‌ترتیب تاریخ کاشت ۱۰، ۱۵ و ۲۰ مهر در منطقه شیروان؛ D، E و F به‌ترتیب تاریخ کاشت ۱۰، ۱۵ و ۲۰ مهر در منطقه مشهد و G، H و I به‌ترتیب تاریخ کاشت ۱۰، ۱۵ و ۲۰ مهر در منطقه خضری

Figure 5- The trend of increasing of root weight of sugar beet cultivars in different planting dates and regions of Khorasan province

A, B, C: planting dates of 2, 7, and 12 October in Shirvan region, respectively; D, E, F, planting dates of 2, 7, and 12 October in Mashhad region, respectively, and G, H, I: planting dates of 2, 7, and 12 October in Khezri region, respectively.

جدول ۵- جدول همبستگی بین برخی ویژگی‌های کمی و کیفی چغندر قند تحت تأثیر رقم و تاریخ کاشت‌های مختلف

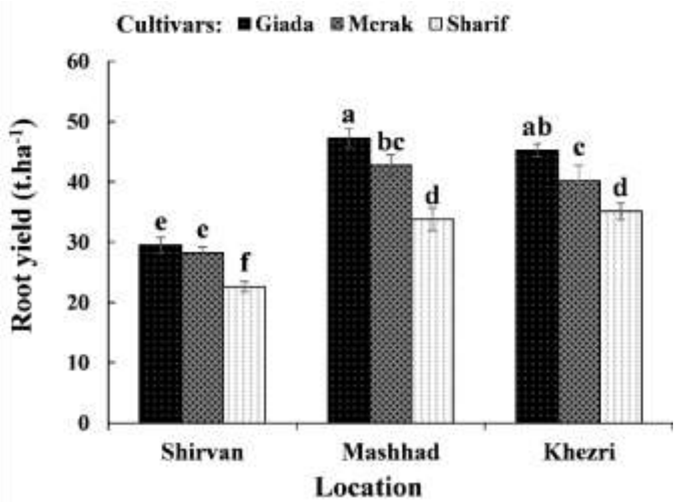
Table 5- Correlation table between some quantitative and qualitative characteristics of sugar beet cultivars under different planting dates

صفات **Trails**	ساقه‌روی **Bolting (1)**	عملکرد ریشه **Root yield (2)**	قند ناخالص (عیار) **Sugar content (3)**	پتاسیم **K (4)**	سدیم **Na (5)**	ازت مضره **N (6)**	قلیائیت **Alkalinity coefficient (7)**	قند ملاس **Malas (8)**	ضریب استحصال **Extraction coefficien (9)**	عملکرد شکر سفید **White sugar yield (10)**
(2)	0.45*									
(3)	-0.78**	-0.58**								
(4)	0.59**	0.19ns	-0.67**							
(5)	0.56**	0.68**	-0.68**	0.49**						
(6)	-0.27ns	-0.62**	0.48*	-0.10ns	-0.27ns					
(7)	0.59**	0.74**	-0.77**	0.56**	0.79**	-0.76**				
(8)	0.64**	0.53**	-0.74**	0.77**	0.93**	-0.16ns	0.75**			
(9)	-0.81**	-0.56**	0.94**	-0.74**	-0.84**	0.29ns	-0.77*	-0.91**		
(10)	-0.43*	0.43*	0.46*	-0.55**	-0.12ns	-0.27ns	-0.04ns	-0.34ns	0.48ns	

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns=not significant, significant at 0.05, 0.01 probability level

اثر منطقه، تاریخ کاشت، رقم در سطح یک درصد و همچنین اثـر متقابل منطقه در رقم در سطح پنج درصد بر عملکرد ریشه چغندرقنـد معنی‌دار بود (جدول ۳). در منطقه شیروان، ارقـام گیـادا و مـراک و در مناطق مشهد و خضری رقم گیادا از عملکرد ریشه بیشتری برخـوردار بودند (شکل ۶). رقم گیادا در منطقـه مشـهد بـا ۴۷/۳ تـن در هکتـار بیشترین و رقـم شـریف در منطقـه شـیروان بـا ۲۲/۶ تـن در هکتـار کمترین عملکرد ریشه را داشتند (شکل ۶).



شکل ٦- مقایسه میانگین اثر متقابل منطقه در رقم بر عملکرد ریشه چغندرقند

میله‌ها نشان‌دهنده خطای استاندارد میانگین هستند.

Figure 6- Mean comparison of interactions of location, and cultivar for root yield of sugar beet

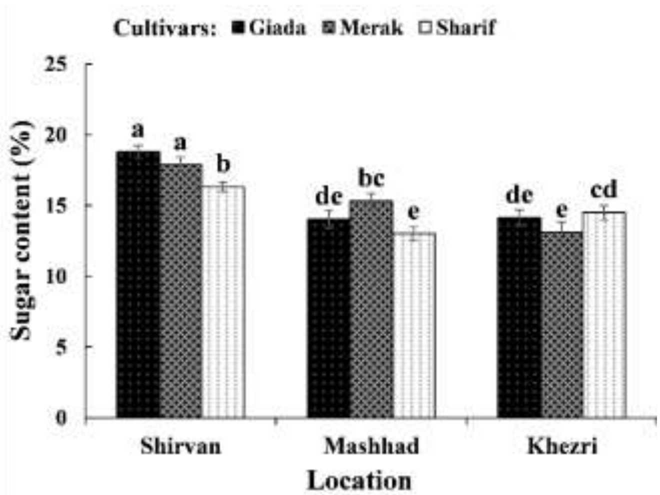
The bars indicate standard error of the mean.

منطقه شیروان عملکرد ریشه کمتری نسبت بـه دو منطقـه دیگـر داشت. تاریخ کاشت دوم (۱۵ مهر) بـا ۳۸/۴ تـن در هکتـار بیشـترین عملکرد ریشه را داشت که البته با تاریخ کاشت اول (۱۰ مهر) اختلاف معنی‌داری نداشت. رقم گیادا با متوسط عملکـرد ۴۰/۷ تـن در هکتـار بیشترین و رقم شریف با ۳۰/۵ تن در هکتار کمترین عملکرد ریشه را داشتند (شکل ۶). افزایش عملکرد ریشه ممکن است به شـرایط آب و هوایی خوب نسبت داده شود که باعث فتوسنتز و بهبود رشد چغندرقند و در نتیجه افزایش حجـم و وزن ریشـه در بوتـه و در نهایـت سـبب

افزایش عملکرد ریشه می‌شود. نتایج مشابهی توسط سایر محققین گزارش شده است که کاشت در ماه اکتبر (مهر) عملکرد ریشه را در مقایسه با کاشت زودهنگام در سپتامبر (شهریور) و یا دیرهنگام در نوامبر (آبان) به‌طور قابل‌توجهی افزایش داده است (Leilah *et al.*, 2008; Maralian *et al.*, 2008; Refay, 2010; El-Hag *et al.*, 2015; Hoosin *et al.*, 2015; Kumar *et al.*, 2019). در پژوهش هافمن و کلاگ سورین (Hoffmann & Kluge-Severin, 2011) که کشت پاییزه و بهاره چغندرقند در تاریخ‌های مختلف کاشت و برداشت، را با یکدیگر مقایسه کردند، مشاهده شد که در همه‌ی تیمارها با افزایش دوره رشد و تأخیر در برداشت و تاریخ کاشت‌های زود هنگام، عملکرد ریشه افزایش یافت که دلیل این امر دریافت درجه روز رشد بیشتر به‌واسطه افزایش طول دوره رشد بود. کاشت زودهنگام باعث می‌شود تا قبل از شروع سرمای زمستان، سطح برگ کافی ایجاد شود و گیاه زمستان‌گذرانی مطلوبی داشته باشد و در پایان زمستان که شرایط محیطی مناسب شد حداکثر جذب نور و فتوسنتز صورت گرفته و در نتیجه سرعت رشد مناسبی در بهار حاصل شود (Nikpanah *et al.*, 2010; Al-Jbawi *et al.*, 2015; Nikpanah *et al.*, 2015).

درصد قند ناخالص (عیار)

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر منطقه، تاریخ کاشت، رقم و همچنین اثر متقابل منطقه در رقم در سطح یک درصد بر عیار چغندرقند معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین عیار قند (۱۸/۷۸ درصد) مربوط به رقم گیادا در منطقه شیروان و کمترین عیار (۱۳/۰۱ درصد) در رقم شریف در منطقه مشهد مشاهده شد (شکل ۷). به طور کلی میانگین عیار قند ارقام در منطقه شیروان ۱۷/۷ درصد بود که به‌طور معنی‌داری بیشتر از منطقه مشهد و خضری بود (جدول ۴). همچنین صرف‌نظر از منطقه و رقم، تاریخ کاشت سوم بیشترین (۱۶/۴ درصد) و تاریخ کاشت اول کمترین (۱۳/۹ درصد) عیار قند را دارا بودند (جدول ۴). در بین ارقام نیز میانگین عیار قند رقم شریف (۱۴/۶ درصد) به‌طور معنی‌داری کمتر از دو رقم دیگر بود (جدول ۴). وجود همبستگی منفی و معنی‌دار (**۰/۵۸-) بین عملکرد ریشه و عیار قند نشان‌دهنده آن است که اندازه ریشه رابطه عکس با درصد قند ناخالص دارد (جدول ۵). همچنین وجود همبستگی منفی و معنی‌دار (**۰/۷۸-) بین عیار قند و درصد ساقه‌روی نشان‌دهنده تاثیر ساقه‌روی بر درصد قند است که می‌توان با تنظیم تاریخ کاشت جهت حداقل ساقه‌روی به درصد بالاتر عیار دست یافت (Taleghani *et al.*, 2011). بساطی و همکاران (Basati *et al.*, 2002) نیز گزارش کردند که تاریخ کاشت بر درصد و عملکرد قند اثرگذار بوده است. ایشان دلیل کاهش درصد قند را پدیده ساقه‌روی ذکر کردند که باعث شده مقدار قابل‌توجهی از قند ذخیره شده صرف تولید ساقه گردیده و گیاه با افت درصد قند در ریشه مواجهه گردیده است.



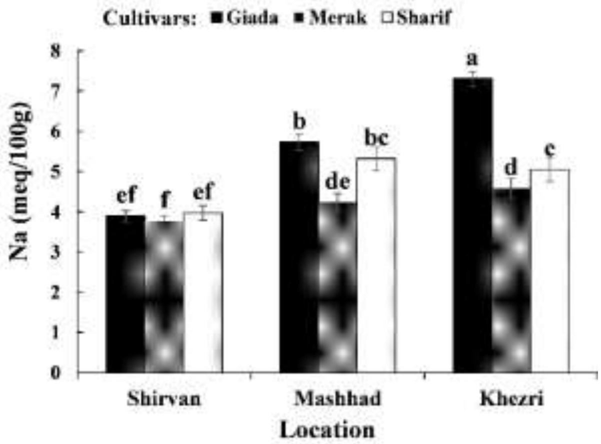
شکل ۷- مقایسه میانگین اثرمتقابل منطقه در رقم بر عیار قند چغندر
میله‌ها نشان‌دهنده خطای استاندارد میانگین هستند.

Figure 7- Mean comparison of interactions of location, and cultivar for sugar content of sugar beet
The bars indicate standard error of the mean.

میزان پتاسیم، سدیم و ازت مضره در خمیر ریشه

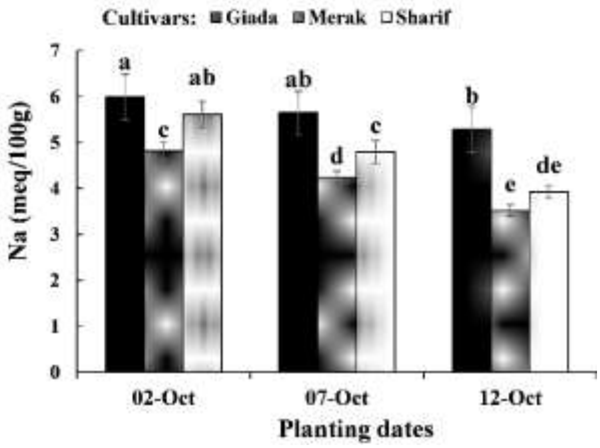
تاریخ‌های مختلف کاشت به‌طور معنی‌داری بر صفات کیفی چغندرقند، شامل محتوای پتاسیم، سدیم و ازت مضره تأثیر گذاشت (جدول ۳). تاریخ کاشت ۲۰ مهر در مقایسه با تاریخ کاشت‌های زودتر

به‌طور معنی‌داری ناخالصی‌ها را کاهش داد. برخی محققان نیز گزارش کردند که تاریخ کاشت به دلیل وجود نوسان در محتوای رطوبت و دمای خاک کیفیت چغندرقند را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Leilah et al., 2005; Maralian et al., 2008; Illkaee et al., 2016). علاوه بر این، سلماسی و همکاران (Salmasi et al., 2006) و ال هاج و همکاران (El-Hag et al., 2015) مشاهده کردند که همبستگی بسیار مثبتی بین عوامل اقلیمی و ویژگی‌های کیفی چغندرقند وجود دارد. همچنین اثر منطقه بر میزان سدیم و ازت مضره خمیر ریشه معنی‌دار بود (جدول ۳). به طوری که ریشه‌های رشد یافته در منطقه شیروان دارای کمترین میزان سدیم و بیشترین میزان نیتروژن مضره بودند (جدول ۴). با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل منطقه در رقم و تاریخ کاشت در رقم برای میزان سدیم (جدول ۳) مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که رقم گیادا در منطقه خضری بیشترین (۷/۳۱) و رقم مراک در منطقه شیروان کمترین (۳/۷۶) میزان سدیم خمیر ریشه را داشتند (شکل ۸). همچنین میزان سدیم در رقم گیادا در تاریخ کاشت اول بیشترین (۵/۹۹) و در رقم مراک در تاریخ کاشت سوم کمترین (۳/۵۲) بود (شکل ۹).



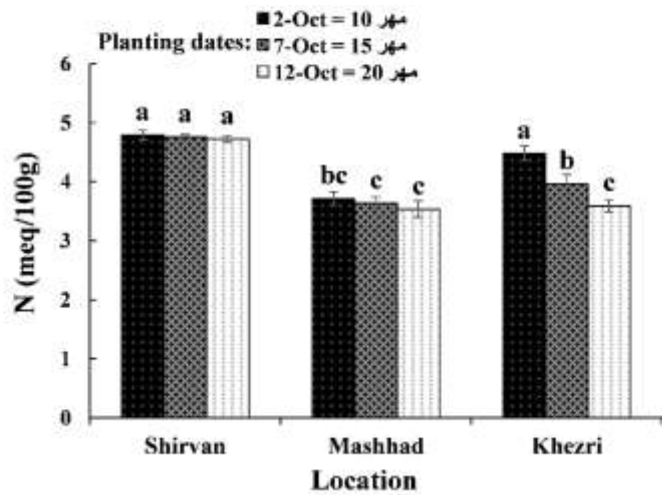
شکل ۸- مقایسه میانگین اثرمتقابل منطقه در رقم بر میزان سدیم ریشه چغندرقند
میله‌ها نشان‌دهنده خطای استاندارد میانگین هستند.

Figure 8- Mean comparison of interactions of locations, and cultivar for Na content.
The bars indicate standard error of the mean.



شکل ۹- مقایسه میانگین اثرمتقابل تاریخ کاشت در رقم بر میزان سدیم ریشه چغندرقند
میله‌ها نشان‌دهنده خطای استاندارد میانگین هستند.

Figure 9- Mean comparison of interactions of planting date, and cultivar for Na content.
The bars indicate standard error of the mean.



شکل ۱۰- مقایسه میانگین اثرمتقابل منطقه در تاریخ کاشت بر میزان ازت مضره ریشه چغندر
میله‌ها نشان‌دهنده خطای استاندارد میانگین هستند.

Figure 10- Mean comparison of interactions of location, and planting date for N content.
The bars indicate standard error of the mean.

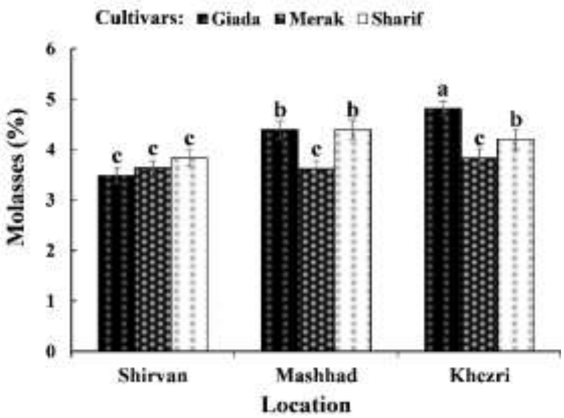
نتایج مقایسه میانگین اثر منطقه در تاریخ کاشت برای میزان ازت مضره نشان داد که در منطقه شیروان و مشهد بین تاریخ‌های مختلف کاشت تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، ولی در منطقه خضری با تأخیر در کاشت، میزان ازت مضره به‌طور معنی‌داری از ۴/۴۸ به ۳/۵۹ کاهش یافت (شکل ۱۰). این نتایج با نتایج به‌دست آمده توسط سایر محققان مطابقت دارد (Maralian *et al.*, 2008; Refay, 2010; Somayeh *et al.*, 2012; Nikpanah *et al.*, 2015; Al-Jbawi & Al-Zubi, 2016).

ضریب قلیائیت

اثر منطقه، رقم و اثرات متقابل منطقه در رقم بر ضریب قلیائیت در سطح یک درصد معنی‌دار بود ولی اثر تاریخ کاشت معنی‌دار نشد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرمتقابل منطقه در رقم نشان داد که در منطقه شیروان، بین ارقام اختلاف معنی‌داری از لحاظ ضریب قلیائیت وجود نداشت ولی در منطقه مشهد و خضری، رقم مراک ضریب قلیائیت کمتری نسبت به سایر ارقام داشت. به‌طور کلی نیز منطقه شیروان نسبت به دو منطقه دیگر از ضریب قلیائیت کمتری برخوردار بود (جدول ۴). همچنین رقم مراک با ۲/۶۱ به‌طور معنی‌داری از سایر ارقام از ضریب قلیائیت کمتری برخوردار بود (جدول ۴). در آزمایش جواهری و همکاران (Javaheri *et al.*, 2006) ارقام مورد مطالعه ایشان از نظر ضریب قلیائیت با هم تفاوت معنی‌داری داشتند. در مقابل در تحقیقی که اشرف منصوری و همکاران (Ashraf Mansouri *et al.*, 2013) در فسا انجام دادند تفاوتی بین ارقام و تاریخ کاشت‌ها از نظر میزان ضریب قلیائیت وجود نداشت.

قند ملاس

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر منطقه، تاریخ کاشت، رقم و همچنین اثر متقابل منطقه در رقم در سطح یک درصد بر درصد قند ملاس معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین میزان قند ملاس در تاریخ کاشت اول (۴/۴۳ درصد) و کمترین آن در تاریخ کاشت سوم (۳/۵۹ درصد) مشاهده شد (جدول ۴). رقم مراک دارای کمترین قند ملاس بود که با دو رقم دیگر تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۴). در منطقه شیروان، بین ارقام اختلاف معنی‌داری از لحاظ قند ملاس وجود نداشت ولی در منطقه مشهد و خضری، رقم مراک کمترین قند ملاس را داشتند که از این نظر نسبت به سایر ارقام برتری داشت (شکل ۱۱). به نظر می‌رسد که با افزایش محتوای ناخالصی‌ها میزان قند ملاس نیز افزایش یافت و گواه آن وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار قند ملاس با پتاسیم (**۰/۷۷) و با سدیم (**۰/۹۳) است (جدول ۵). تفاوت موجود بین ارقام در خصوص این صفات ممکن است به تفاوت در ویژگی‌های ژنتیکی هر رقم و پاسخ آن به شرایط محیطی نسبت داده شود. این نتایج با نتایج سایر محققین (Gobarah & Mekki, 2005; Enan *et al.*, 2009; Shalaby *et al.*, 2011) مطابقت دارد



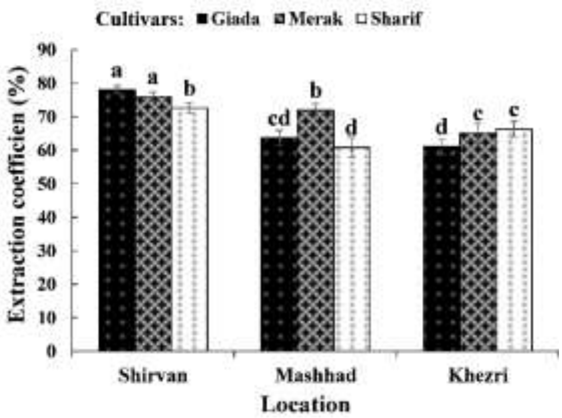
شکل ۱۱- مقایسه میانگین اثر متقابل منطقه در تاریخ کاشت بر میزان قند ملاس چغندر
میله‌ها نشان‌دهنده خطای استاندارد میانگین هستند.

Figure 11- Mean comparison of interactions of location, and planting date for Molasses. The bars indicate standard error of the mean.

ضریب استحصال

ضریب استحصال تحت تأثیر منطقه، تاریخ کاشت، رقم و اثر متقابل منطقه در رقم قرار گرفت (جدول ۳). رقم گیادا در منطقه شیروان دارای بالاترین ضریب استحصال (۷۸/۱ درصد) و کمترین ضریب استحصال (۶۰/۸ درصد) نیز مربوط به رقم شریف در منطقه مشهد بود (شکل ۱۲). به طور کلی رقم مراک بیشترین ضریب

استحصال (۷۱/۱ درصد) و رقم شریف با میانگین ۶۶/۶ درصد کمترین ضریب استحصال را به خود اختصاص داد که با رقم گیادا اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۴). صرف‌نظر از منطقه و رقم، تاریخ کاشت اول کمترین (۶۲/۳ درصد) و تاریخ کاشت سوم بیشترین (۷۴/۲ درصد) ضریب استحصال را سبب شدند (جدول ۴). ضریب استحصال، همبستگی مثبت و معنی‌دار با عیار قند (۰/۹۴**) و همبستگی منفی و معنی‌دار با عملکرد ریشه (۰/۵۶**−) و قند ملاس (۰/۹۱**−) داشت (جدول ۵). بنابراین با افزایش میزان پتاسیم، سدیم و نیتروژن مضره در ریشه میزان قند موجود در ملاس افزایش یافته و در نتیجه باعث کاهش ضریب استحصال شده است (Javaheri *et al.*, 2006).



شکل ۱۲- مقایسه میانگین اثر متقابل منطقه در رقم بر ضریب استحصال شکر چغندر
میله‌ها نشان‌دهنده خطای استاندارد میانگین هستند

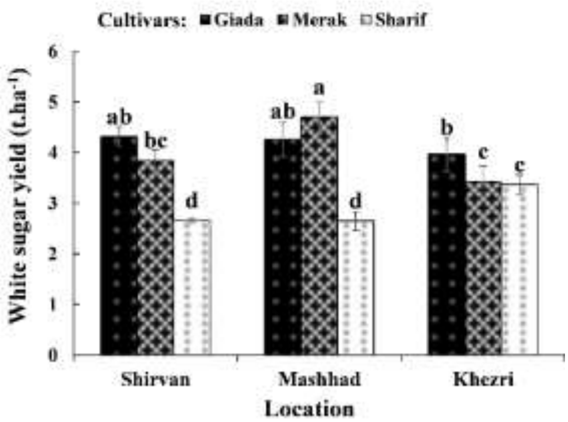
Figure 12- Mean comparison of interactions of location, and cultivar for extraction coefficient. The bars indicate standard error of the mean.

عملکرد شکر سفید

اثر تاریخ کاشت، رقم و اثرمتقابل منطقه در رقم در سطح یک درصد و اثرمتقابل منطقه در تاریخ کاشت در سطح پنج درصد بر عملکرد شکر سفید معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل منطقه در رقم نشان داد که در مناطق شیروان و خضری رقم گیادا و در منطقه مشهد رقم مراک بیشترین عملکرد شکر سفید را داشتند که البته در مناطق شیروان و مشهد بین ارقام گیادا و مراک اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۱۳). در منطقه خضری رقم گیادا با تولید ۳/۹۷ تن در هکتار به‌طور معنی‌داری نسبت به دو رقم دیگر از عملکرد شکر سفید بیشتری برخوردار بود (شکل ۱۳). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل منطقه در تاریخ کاشت نیز نشان داد که در منطقه شیروان، عملکرد شکر سفید در تاریخ کاشت‌های مختلف معنی‌دار نبود ولی در مناطق مشهد و خضری تاریخ کاشت‌های دوم و سوم به‌طور معنی‌داری نسبت به تاریخ کاشت اول از عملکرد شکر سفید بالاتری برخوردار بودند (شکل ۱۴). عملکرد شکر سفید، همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد ریشه (۰/۴۳*) داشت (جدول ۵). عملکرد شکر سفید از حاصلضرب عملکرد ریشه در درصد قند خالص به‌دست می‌آید. ناخالصی‌های ریشه از طریق کاهش قند قابل استحصال موجب کاهش عملکرد شکر سفید می‌شوند (Javaheri *et al.*, 2006). حمایتی و همکاران (Hemayati *et al.*, 2012) نیز گزارش کردند که با تأخیر در کاشت عملکرد شکر سفید کاهش می‌یابد. معمولاً بین ارقام نیز از نظر عملکرد شکر سفید تفاوت معنی‌داری وجود دارد و انتظار می‌رود ارقامی که در تاریخ کاشت‌های زودهنگام، عملکرد بیشتری دارند در تاریخ کاشت‌های بعدی نیز عملکرد بیشتری نسبت به ارقام دیگر داشته باشند (Hemayati *et al.*, 2012). جواهری و همکاران (Javaheri *et al.*, 2006) نیز بیان کردند که عملکرد شکر سفید تحت تأثیر رقم قرار گرفته است. وجود تفاوت بین ارقام چغندرقند از نظر عملکرد شکر سفید توسط محققان متعدد (El-Sheikh *et al.*, 2009; Awad *et al.*, 2014; El-Hag *et al.*, 2015; Kumar *et al.*, 2019) گزارش شده است.

نتیجه‌گیری

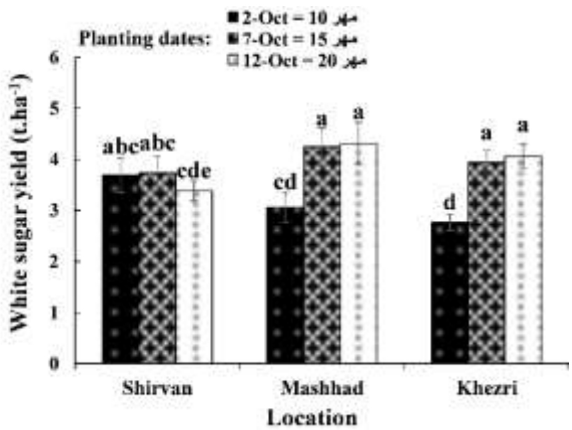
انتخاب تاریخ کاشت در مناطق با ریسک بالا برای کشت پاییزه در درجه اول با هدف کاهش ساقه‌روی و تنش سرمازدگی است. در این تحقیق در هیچ‌یک از تیمارهای مورد بررسی خطر سرمازدگی اتفاق نیفتاد. با توجه به نقش کلیدی تاریخ کاشت در بروز ساقه‌روی و اثر آن بر رشد و عملکرد کمی وکیفی چغندرقند، تعیین دقیق آن در مناطق اقلیمی و ارقام مختلف، حائز اهمیت است.



شکل ۱۳- مقایسه میانگین اثرمتقابل منطقه در رقم بر عملکرد شکر سفید چغندر

میله‌ها نشان‌دهنده خطای استاندارد میانگین هستند.

Figure 13- Mean comparison of interactions of location, and cultivar for white sugar yield.
The bars indicate standard error of the mean.



شکل ١٤- مقایسه میانگین اثرمتقابل منطقه در تاریخ کاشت بر عملکرد شکر سفید چغندر

میله‌ها نشان‌دهنده خطای استاندارد میانگین هستند.

Figure 14- Mean comparison of interactions of location, and planting date for white sugar yield.
The bars indicate standard error of the mean.

در تاریخ کاشت اول (۱۰ مهر) در منطقه مشهد برای هر سه رقم بیشترین درصد ساقه‌روی (۷۸ تا ۹۰ درصد) مشاهده شد. با تأخیر در کاشت از ۱۰ مهر تا ۲۰ مهر، به شدت از درصد ساقه‌روی ارقام کاسته شد. همچنین ارقام در تاریخ کاشت سوم (۲۰ مهر) در تمامی مناطق، درصد ساقه‌روی کمتر از ۱۰ درصد داشتند. رقم گیادا در منطقه مشهد با ۴۷/۳ تن در هکتار بیشترین و رقم شریف در منطقه شیروان با ۲۲/۶ تن در هکتار کمترین عملکرد ریشه را داشتند. منطقه شیروان عملکرد ریشه کمتری نسبت به دو منطقه دیگر داشت. بیشترین عیار قند (۱۸/۷۸ درصد) مربوط به رقم گیادا در منطقه شیروان و کمترین عیار (۱۳/۰۱ درصد) در رقم شریف در منطقه مشهد مشاهده شد. به‌طور کلی در مناطق شیروان و خضری رقم گیادا بیشترین عملکرد شکر سفید را داشت، ولی در منطقه مشهد رقم مراک با تولید ۴/۷۰ تن در هکتار بیشترین عملکرد شکر سفید را دارا بود. همچنین در منطقه شیروان تاریخ کشت ۱۰ مهر و در مناطق مشهد و خضری تاریخ کشت ۱۵ مهرماه می‌تواند منجر به حداکثر تولید عملکرد شکر سفید شود.

سپاسگزاری

بخشی از هزینه‌های انجام این پژوهش توسط معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد در قالب طرح شماره ۳/۵۲۶۶۵ مصوب ۱۳۹۹/۸/۲۷ تأمین شده است، که بدین وسیله قدردانی می‌شود.

References

1. Abdollahian Noghabi, M., Sheykholeslami, M., & Babaei, J. (2005). Terms and meanings of technological quantity and quality of sugar beet. *Journal of Sugar Beet*, *21*, 101-104. (in Persian with English abstract) https://doi.org/10.22092/JSB.2005.8201
2. Adibifard, N., Habibi, D., Bazrafshan, M., Taleghani, D. F., & Ilkaee, M. N. (2019). Study of the climatic condition of Fars province for the development of autumn-sown sugar beet planting using Geographic Information System (GIS). *Journal of Sugar Beet*, *35*(1), 13-31. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/JSB.2019.116356.1169
3. Adibifard, N., Habibi, D., Bazrafshan, M., Taleghani, D. F., & Ilkaee, M. N. (2017). Investigating of cultivating the autumn sugar beet in Fars Province (Zarghan). *International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences (IJRSAS)*, *3*, 1-9.
4. Al-Jbawi, E. M., & Al-Zubi, H. I. (2016). Effect of sowing date and length of storage on storability in sugar beets (*Beets vulgaris* L.) piles. *Scholarly Journal of Agriculture Science*, *6*(1), 25-31.
5. Al-Jbawi, E. M., Sabsabi, W., Gharibo, G. A., & Omar, A. E. A. (2015). Effect of sowing date and plant density on bolting of four sugar beet (*Beta vulgaris* L.) varieties. *International Journal of Environment*, *4*(2), 256-270. https://doi.org/10.3126/ije.v4i2.12647

6. Ashraf Mansouri, G., Sharifii, M., & Hamdi, F. (2013). Study of autumn sowing of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in Fasa area. *Journal of Sugar Beet*, *29*(1), 37-43. https://doi.org/10.22092/jsb.2013.1299
7. Awad, M., Abdel-Daim, A., & Sahar, M. I. M. (2014). Evaluation of six sugar beet cultivars under three harvesting dates. *Journal of Agricultural Research*, *39*(1), 121-130.
8. Basati, J., Koolivand, M., Nemati, A., & Zarei, A. (2002). Evaluation of autumn-sown sugar beet production possibility in Kermanshah warm regions. *Journal of Sugar Beet*, *18*(2), 119-130. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/jsb.2003.8279
9. Draycott, P. (2006). *Sugar Beet*. Blackwell publishing Ltd. 514 pp.
10. El-Hag, M. A., Ahmed, A. O., & Ragga, P. W. M. (2015). Evaluation of sowing date and harvesting ages of some sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivars under Guneid condition (Sudan). *International Journal of Agriculture*, *3*(9), 421-424.
11. El-Sheikh, S. R. E., Khaled, K. A. M., & Enan, S. A. A. M. (2009). Evaluation of some sugar beet varieties under three harvesting dates. *Mansoura University Journal of Agricultural Sciences*, *34*(3), 1559-1567. https://doi.org/10.21608/jacb.2009.90288
12. Enan, S. A. A. M., El-Sheikh, S. R. E., & Khaled, K. A. M. (2009). Evaluation of some sugar beet varieties under different levels of N and Mo fertilization. *Journal of Biological Chemistry*, *4*(1), 345-362.
13. FAO. (2020). Food and Agriculture Organization. Crop production sugar beet. In: Statistical Yearbook. FAO Rome.
14. Ghasemi, S., Sadeghzadeh Hemayati, S., Taleghani, D, Siavashi, K., & Hosseinpour, M. (2020). Determination of the proper planting date and harvest of commercial sugar beet cultivars in autumn cultivation in Ilam province. *Journal of Sugar Beet*, *36*(1), 15-25. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/jsb.2021.343129.1240
15. Gobarah, M. E., & Mekki, B. B. (2005). Influence of boron application on yield and juice quality of some sugar beet cultivars grown under saline soil conditions. *Journal of Applied Sciences Research*, *1*(5), 373-379.
16. Hemayati, S., Shirzadi, M., Aghaeezadeh, M., Taleghani, D., Javaheri, M., & Aliasghari, A. (2012). Evaluation of sowing and harvesting date effects on yield and quality of five sugar beet cultivars in Jiroft region (autumn planting). *Journal of Sugar Beet*, *28*(1), 42-25. https://doi.org/10.22092/jsb.2012.659
17. Hoffmann, C. M., & Kluge-Severin, S. (2011). Growth analysis of autumn and spring sown sugar beet. *European Journal of Agronomy*, *34*, 1-9. https://doi.org/10.1016/j.eja.2010.09.001
18. Hoosin, M. F., Khaliq, Q. A., & Karim, A. (2015). Effect of sowing date on growth and yield of tropical sugar beet. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, *7*(1), 53-60.
19. Illkaee, M. N., Babaei, Z., Baghdadi, A., & Golzardi, F. (2016). Effect of different planting dates and defoliation on the properties of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, *4*(1), 52-58. http://doi.org/10.18006/2015.4(1).52.58
20. Jaggard, K., & Werker, A. (1999). An evaluation of the potential benefits and costs of autumn-sown sugar beet in NW Europe. *Journal of Agricultural Science*, *132*(1), 91-102. https://doi.org/10.1017/S002185969800608X
21. Javaheri, M. A., Najafinejad, H., & Azad Shahraki, F. (2006). Investigating the possibility of autumn beet cultivation in Arzooieh region (Kerman province). *Journal of Pajhouhesh and Sazandegi*, *71*, 93-85. (in Persian with English abstract).
22. Kandil, A. A., Bandawi, M. A., El-Moursy, S. A., & Abdou, U. M. A. (2004). Effect of planting dates, nitrogen levels and biofertilization treatments on growth attributes of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Science Journal of King Faisal University*, *5*(2), 227-237.
23. Kumar, D., Lamani, A., & Halikatti, S. I. (2019). Performance of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) to different dates of sowing under temperature regime. *International Journal of Plant and Soil Science*, *27(1)*, 1-12. http://doi.org/10.9734/ijpss/2019/v27i130067
24. Leilah, A. A., Badawi, M. A., Said, E. M., Ghonema, M. H., & Abdou, M. A. E. (2005). Effect of planting dates, plant population and nitrogen fertilization on sugar beet productivity under the newly reclaimed sandy soils in Egypt. *Science Journal of King Faisal University*, *6*(1), 95-110.
25. Maralian, H., Tobeh, A. A. S., Mikail, R. D., & Aghabarati, A. (2008). Effect of sowing date and limited irrigation on root yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Asian Journal of Plant Sciences*, *7*(3), 298-303. https://doi.org/10.3923/ajps.2008.298.303
26. Nabipour, Z., Habibi, D., Ahmadi, M., Taleghani, D., & Kashani, A. (2019). Study of climatic suitability for autumn sugar beet planting in North- and South Khorasan as well as Khorasan-e Razavi provinces using Geographic Information System (GIS). *Journal of Sugar Beet*, *34*(2), 165-179. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/jsb.2019.116149.1168
27. Nikpanah, H., Seifzadeh, S., Hemayati, S. S., Shiranirad, A., & Taleghani, D. F. (2015). Effects of management of agronomical factors on sugar beet stickling production and growth. *International Journal of Bioinformatics Research and Applications*, *7*(2), 959-964.
28. Nikpanah, H., Taleghani, D. F., Noormohammadi, G., & Khodadadi, S. (2010). Study of effects of planting and

harvesting dates on quantity and quality of monogerm sugar beet seed in Firoozkooh, Iran. *Journal of Plant Ecophysiology*, *2*(7), 37-45. (in Persian with English abstract).

29. Peltonen-Sainio, P., Hakala, K., & Jauhiainen, L. (2011). Climate-induced overwintering challenges for wheat and rye in northern agriculture. *Acta Agriculture Scandinavica*, *Section B Soil and Plant Science*, *61*(1), 75-83. https://doi.org/10.1080/09064710903535977
30. Ramazan, C. (2002). Root yield and quality of sugar beet in relation to sowing date, plant population and harvesting date interactions. *Turk Journal of Agriculture and Forestry*, *26*, 133-139.
31. Refay, Y. A. (2010). Root yield and quality traits of three sugar beet (*Beta vulgaris* L.) varieties in relation to sowing date and stand densities. *World Journal of Agriculture Sciences*, *6*(5), 589-594.
32. Reinsdorf, E., & Koch, H. (2013). Modeling crown temperature of winter sugar beet and its application in risk assessment for frost killing in central Europe. *Journal of Agriculture Forest Meteorology*, *182-183*, 21-30. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2013.08.001
33. Rinaldi, M., & Vonella, A. V. (2006). The response of autumn and spring sown sugar beet (*Beta vulgaris* L.) to irrigation in southern Italy: water and radiation use efficiency. *Field Crops Research*, *95*, 103-114. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.12.004
34. Sadeghian Mottahar, S. Y. (1999). *Bolting, undesirable phenomenon in sugar beet*. Agricultural Education and Extension Publication No.12. Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran. (in Persian).
35. Salmasi, S. Z., Golezani, K. G., & Moghbeli, S. (2006). Effect of sowing date and limited irrigation on the seed yield and quality of dill (*Anethum graveolens* L.). *Turkish Journal of Agriculture & Forestry*, *30*(4), 281-286.
36. Shalaby, N. M. E., Osman, A. M. H., & Allabbody, A. H. S. A. (2011). Relative performance of some sugar beet varieties under three plant densities in newly reclaimed soil. *Egyptian Journal of Agriculture and Research*, *89*(1), 291-299. https://doi.org/10.21608/ejar.2011.174272
37. Sogut, T., & Arioglu, H. (2004). Plant density and sowing date effects on sugar beet yield and quality. *Journal of Agronomy*, *3*(3), 215-218. https://doi.org/10.3923/ja.2004.215.218
38. Somayeh, K., Mehraban, A., Mobasser, H. R., & Zahra, B. (2012). Sowing date and transplant root size effect on transplanted sugar beet in spring planting. *Annals of Biological Research*, *3*(7), 3474-3478.
39. Stibbe, C., & Marlander, B. (2002). Field emergence dynamics significance to intraspecific competition and growth efficiency in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *European Journal of Agronomy*, *17*, 161-171. https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00005-9
40. Taleghani, D., Moharamzadeh, M., Sadeghzadeh Hemayati, S., Mohammadian, R., & Farahmand, R. (2011). Effect of planting and harvesting date on yield of autumn sown sugar beet in Moghan area. *Seed and Plant Production Journal*, *27*(3), 371-355. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/sppj.2017.110442
41. Taleghani, D., Sharifi, H., Ahmadi, M., Asharfmansouri, G., Moharramzadeh, M., Javaheri, M., Bassati, J., Ebrahamian, H., Hemayati, S., Aghaezadeh, M., Abdollahian, M., Urazizadeh, M. R., Norbina, A., Hosseinpour, M., Sadeghian Mottahar, S. Y., Mohammadian, R., Mahmoudi, S. B., & Yousefabadi, V. A. (2010). *Development of autumn sugar beet cultivars in Iran*, pp. 81-95. In: Proceedings of the 11th Crop Sciences Congress of Iran. (in Persian with English abstract).
42. Vico, G., Hurry, V., & Weih, M. (2014). Snowed in for survival: quantifying the risk of winter damage to overwintering field crops in northern temperate latitudes. *Agricultural and Forest Meteorology*, *197*, 65-75. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2014.06.003